

dung dịch chuẩn, thiết lập đường chuẩn biểu thị sự thay đổi cường độ vạch hấp thụ theo nồng độ nguyên tố cần xác định và từ đường chuẩn này xác định nồng độ nguyên tố trong dung dịch thử.

Phương pháp 2: Phương pháp thêm chuẩn

Cho vào ít nhất ba bình định mức có dung tích như nhau, các thể tích bằng nhau của dung dịch chất đem thử (dung dịch thử) được chuẩn bị như chỉ dẫn trong chuyên luận. Thêm vào tất cả các bình, trừ một bình, các thể tích lớn dần của dung dịch chuẩn có nồng độ đã biết của nguyên tố cần xác định sao cho nồng độ của nguyên tố cần xác định trong các bình đều nằm trong khoảng tuyến tính giữa nồng độ và cường độ hấp thụ. Pha loãng các dung dịch có chứa trong bình đến vừa đủ thể tích bằng dung môi.

Đưa dung dịch mẫu trắng vào máy, điều chỉnh tín hiệu đọc được về "0". Đưa lần lượt dung dịch thử và từng dung dịch chuẩn vào máy, ít nhất mỗi dung dịch ba lần, ghi lại kết quả đọc ổn định. Rửa máy bằng dung dịch mẫu trắng sau mỗi lần đo cho đến khi tín hiệu trở về giá trị đọc ban đầu của mẫu trắng. Nếu sử dụng kỹ thuật nguyên tử hóa không ngọn lửa, lò graphit phải được đốt lại giữa các lần phân tích.

Tính phương trình hồi quy của đường chuẩn bằng cách dùng phương pháp bình phương tối thiểu và từ đường thẳng này, xác định nồng độ của nguyên tố cần định lượng trong dung dịch thử. Một cách khác, vẽ đồ thị biểu diễn sự liên quan giữa giá trị đọc được và lượng thêm vào của nguyên tố cần xác định. Nối các điểm trên đồ thị và kéo dài về phía trái cho đến khi nó gặp trục nồng độ. Khoảng cách giữa điểm này và điểm giao nhau của trục tọa độ là nồng độ của nguyên tố cần xác định trong dung dịch thử.

4.5 PHỔ KHỐI

Nguyên tắc

Chất phân tích được chuyển sang thể khí và ion hoá, tạo thành các ion dương hoặc âm. Phương pháp phổ khối dựa trên việc đo trực tiếp tỷ số m/z , là tỷ số giữa khối lượng m và điện tích z của ion chất phân tích. Tỷ số này được trình bày dưới dạng đơn vị khối lượng nguyên tử ($1 \text{ a.m.u} = 1/12$ khối lượng của ^{12}C) hay dalton ($1 \text{ Da} =$ khối lượng nguyên tử hydro).

Trong máy phổ khối, các ion được tạo thành trong nguồn ion, được gia tốc rồi được tách trong bộ phân tích trước khi đến detector. Tất cả quá trình trên được thực hiện trong một buồng được hút chân không đến khoảng 10^{-3} đến 10^{-6} Pa .

Phổ thu được biểu diễn cường độ tương đối của các ion khác nhau phụ thuộc vào tỷ số m/z của các ion đó. Tín hiệu tương ứng với một ion là một nhóm các pic tương ứng với phân bố thống kê của các đồng vị khác nhau của ion đó. Đó là hình ảnh đồng vị của ion và trong đó pic của đồng vị có cường độ lớn nhất của một nguyên tử được gọi là pic đơn đồng vị.

Từ phổ khối ta có được những thông tin định tính (xác định khối lượng phân tử và thông tin về cấu trúc có được nhờ các mảnh thu được) hay định lượng (dùng chuẩn nội hay chuẩn ngoại) với giới hạn phát hiện trong khoảng từ picomol (10^{-12} mol) đến femtomol (10^{-15} mol).

Nạp mẫu

Cần phải đưa mẫu vào máy sao cho không ảnh hưởng nhiều đến chân không trong máy. Một phương pháp thường dùng là nạp trực tiếp mẫu lỏng; mẫu được đặt lên đầu một thanh hình trụ (trong một chén thạch anh, trên một sợi hay trên một bề mặt kim loại). Thanh này được đưa vào máy phổ khối sau khi đi qua một chốt chân không mà ở đây được duy trì một chân không đầu tiên, có áp suất trung gian giữa áp suất khí quyển và áp suất của chân không thứ hai ở trong máy.

Trong những hệ thống nạp mẫu khác, các thành phần trong hỗn hợp mẫu thử được tách trên một máy khác (như máy sắc ký) trước khi đi vào trong máy khối phổ được ghép nối với máy đó.

Sắc ký khí - khối phổ

Trong sắc ký khí - khối phổ, một đầu của cột sắc ký (mao quản hay bán mao quản) được đưa trực tiếp vào trong nguồn ion của máy khối phổ.

Sắc ký lỏng - khối phổ

Sự kết hợp sắc ký lỏng - khối phổ là kỹ thuật đặc biệt hữu ích trong việc phân tích các hợp chất phân cực, là những chất ít bay hơi hay rất dễ phân hủy bởi nhiệt, không phân tích được bằng sắc ký khí - khối phổ.

Khó khăn trong kỹ thuật sắc ký lỏng - khối phổ là làm thế nào thu được các ion ở thể khí từ pha lỏng, vì vậy cần có những giao diện đặc biệt như:

Nạp trực tiếp: Pha động từ đầu cột sắc ký đi ra, được phun sương và dung môi được bay hơi ở trước nguồn ion của máy khối phổ.

Giao diện chùm hạt: Pha động với lưu lượng tới khoảng $0,6 \text{ mL/min}$ được phun sương và loại dung môi trong một buồng nhỏ, chỉ còn lại các hạt chất phân tích trung hòa điện đi tới nguồn ion của máy khối phổ; kỹ thuật này được dùng cho các hợp chất có độ phân cực tương đối thấp và khối lượng phân tử nhỏ hơn 1000 Da .

Giao diện băng chuyển: Pha động với lưu lượng tới khoảng 1 mL/min được đưa lên một băng chuyển; sau khi dung môi bay hơi, các chất phân tích được lần lượt đưa tới nguồn ion và được ion hóa ở đó; kỹ thuật này ít phù hợp cho các chất rất phân cực hay dễ phân hủy nhiệt.

Các kiểu ghép nối khác (phun điện, phun nhiệt, ion hóa hóa học ở áp suất khí quyển) được coi như thực chất là các kỹ thuật ion hóa và sẽ được mô tả trong phần các kiểu ion hóa.

Sắc ký chất lỏng siêu tới hạn - khối phổ

Trong kỹ thuật sắc ký chất lỏng siêu tới hạn - khối phổ, pha động (thường là carbon dioxyd siêu tới hạn) khi đi qua

một van chiết nóng nằm giữa cột sắc ký và nguồn ion sẽ chuyển sang thể khí.

Điện di mao quản - khối phổ

Trong kỹ thuật điện di mao quản - khối phổ, dịch rửa giải từ cột mao quản được đưa vào nguồn ion và trong một số trường hợp một dung môi khác được thêm vào để đạt được lưu lượng cỡ vài $\mu\text{L}/\text{min}$. Kỹ thuật này có hạn chế là lượng mẫu nhỏ và cần dùng dung môi bay hơi.

Các kiểu ion hóa

Bắn phá điện tử

Mẫu thử ở trạng thái khí được ion hóa dưới tác động của một chùm electron có năng lượng lớn hơn năng lượng ion hóa của mẫu (thường là 70 eV). Bên cạnh các ion phân tử M^+ , sẽ hình thành các mảnh đặc trưng cho cấu trúc của phân tử. Kỹ thuật này bị hạn chế chủ yếu vì phải hóa hơi mẫu. Vì vậy nó không phù hợp cho các chất phân cực, dễ phân hủy nhiệt hay có khối lượng phân tử lớn.

Kiểu ion hóa bằng bắn phá điện tử phù hợp cho kỹ thuật ghép nối khối phổ với sắc ký khí và đôi khi với sắc ký lỏng.

Ion hóa hóa học

Trong kiểu ion hóa này, người ta dùng một thuốc thử ở thể khí như methan, amoniac, nitrogen oxyd, nitrogen dioxyd hay oxygen. Phổ khối thu được sẽ đặc trưng bởi các ion kiểu $(M+H)^+$ hay $(M-H)^-$ hay các ion cộng hợp giữa chất phân tích và khí thuốc thử. Các mảnh hình thành ít hơn so với kiểu bắn phá điện tử. Một biến thể khác của kỹ thuật này được dùng khi chất phân tích dễ bị phân hủy nhiệt; trong trường hợp này, mẫu được đưa lên một sợi dây và bay hơi rất nhanh do hiệu ứng nhiệt Joule-Thomson (ion hóa hóa học giải hấp).

Ion hóa bằng bắn phá nguyên tử nhanh (FAB) hay ion nhanh (khối phổ ion thứ cấp lỏng - LSIMS)

Trong kỹ thuật này, mẫu thử được hòa tan trong một chất nền nhớt như glycerin, rồi cho lên một bề mặt kim loại và được bắn phá bởi một chùm nguyên tử trung hòa như argon hay xenon, hoặc bằng các ion cesi động năng cao. Kết quả là sẽ xuất hiện các ion kiểu $(M+H)^+$ hay $(M-H)^-$ hay các ion cộng hợp hình thành từ chất nền hay mẫu thử. Kiểu ion hóa này rất thích hợp cho các chất phân cực hay dễ phân hủy nhiệt, cho các chất có phân tử lượng tới 10.000 Da. Kỹ thuật này có thể dùng kết hợp với sắc ký lỏng trong đó pha động được cho thêm 1 % đến 2 % glycerin; tuy vậy lưu lượng pha động phải rất thấp (vài $\mu\text{L}/\text{min}$).

Ion hóa điện trường và khử hấp điện trường

Trong kỹ thuật này, mẫu thử được bay hơi gần một sợi dây wolfram có phủ các vi kim (ion hóa điện trường) hay được đặt lên sợi dây (giải hấp điện trường). Mẫu thử được ion hóa dưới tác động của một điện áp khoảng 10 kV đặt giữa sợi dây và một đối điện cực. Hai kỹ thuật này chủ yếu tạo nên các ion phân tử M^+ , các ion $(M+H)^+$ và được dùng cho các chất có độ phân cực thấp và/hay dễ phân hủy nhiệt.

Ion hóa khử hấp bằng laser có nền hỗ trợ (MALDI)

Ở đây, mẫu thử trong một nền thích hợp được đặt lên một giá đỡ kim loại và được ion hóa bởi một chùm xung tia laser có bước sóng trong vùng tử ngoại đến hồng ngoại (các xung này rất ngắn, chỉ kéo dài trong một pico giây đến vài nano giây). Kiểu ion hóa này đóng vai trò thiết yếu trong việc phân tích các chất có khối lượng phân tử rất cao (trên 100.000 Da) nhưng chỉ dùng cho các máy có bộ phân tích thời gian bay (xem thêm ở dưới đây).

Phun điện

Kiểu ion hóa này được thực hiện ở áp suất khí quyển. Các mẫu thử trong dung dịch được đưa vào nguồn ion qua một ống mao quản mà ở đầu ống này có một điện thế cỡ 5 kV. Có thể dùng một khí để phun sương. Lưu lượng khí có thể từ vài $\mu\text{L}/\text{min}$ đến 1 mL/min. Kỹ thuật này phù hợp cho các chất phân cực và cho việc nghiên cứu các phân tử sinh học có khối lượng tới 100.000 Da. Có thể dùng trong ghép nối với sắc ký lỏng hay điện di mao quản.

Ion hóa hóa học ở áp suất khí quyển (APCI)

Ion hóa được thực hiện ở áp suất khí quyển nhờ tác động của một điện cực có điện thế nhiều kilo vôn đặt trên đường đi của pha động; pha động được phun sương bằng hiệu ứng nhiệt và một luồng khí nitrogen. Các ion hình thành có một điện tích và là ion kiểu $(M+H)^+$ trong chế độ phân cực dương và kiểu $(M-H)^-$ trong phân cực âm. Kiểu ion hóa này có thể áp dụng cho kết nối với sắc ký lỏng ở lưu lượng pha động cao đến 2 mL/min. Mẫu thử trong pha động có nước, các dung môi hữu cơ và một chất điện ly dễ bay hơi (thường là amoni acetat), sau khi đi qua một mao quản kim loại có nhiệt độ được kiểm soát, được đưa vào nguồn ion dưới dạng phun sương. Lưu lượng thích hợp là trong khoảng 1 - 2 mL/min. Các ion của chất điện ly sẽ ion hóa các chất phân tích. Quá trình ion hóa này có thể được thay thế hay tăng cường bằng sự phóng điện ở khoảng 800 V, đặc biệt là khi tất cả là dung môi hữu cơ. Kỹ thuật này phù hợp cho việc ghép nối khối phổ với sắc ký lỏng.

Bộ phân tích khối

Các bộ phân tích khối (hay bộ phân tích) có hiệu năng khác nhau chủ yếu do hai thông số:

- dải khối, tức là dải đo tỷ số m/z ;
- độ phân giải, tức là khả năng tách hai ion có cường độ bằng nhau và có tỷ số m/z khác nhau ΔM , và phần xen phủ giữa hai pic được đo bằng chiều cao của hõm tính theo phần trăm; ví dụ, độ phân giải $(M/\Delta M)$ là 1000 với hõm 10 % cho ta biết có thể tách hai tỷ số m/z 1000 và 1001 với đáy hõm có cường độ 10 % trên đường nền.

Tuy vậy, trong một số trường hợp (bộ phân tích thời gian bay, tứ cực hay bẫy ion) độ phân giải được định nghĩa là tỷ số giữa khối lượng phân tử và chiều rộng của pic ở nửa chiều cao (ứng với hõm 50 %).

Bộ phân tích từ và phân tích tĩnh điện

Các ion tạo thành trong nguồn ion được gia tốc bởi một điện áp V, được hội tụ về bộ phân tích từ có từ trường B hay bộ phân tích tĩnh điện có điện trường tĩnh điện E, tùy theo cấu hình của máy. Các ion này đi theo một quỹ đạo bán kính r, theo định luật Laplace:

$$\frac{m}{z} = \frac{B^2 r^2}{2V}$$

Có hai kiểu quét để thu nhận và đo các ion khác nhau sinh ra trong nguồn ion: quét B với V cố định và quét V với B cố định. Bộ phân tích từ thường được tiếp nối bởi một ngăn điện có tác dụng như một bộ lọc động năng, làm tăng đáng kể độ phân giải của máy. Độ phân giải tối đa của một máy loại này (loại hai ngăn) nằm trong khoảng 10.000 đến 150.000 nhờ đó, trong hầu hết các trường hợp, cho phép tính toán đủ chính xác các tỷ số m/z để xác định được thành phần nguyên tố của các ion. Với các ion có điện tích bằng 1, dải khối là từ 2000 Da đến 15.000 Da. Một số ion có thể phân hủy nhanh chóng vì là kết quả của sự chuyển dịch kém bền hoặc do va chạm với một khí trong những vùng vô trường giữa nguồn ion và detector [phân ly do hoạt hóa bởi va chạm (CAD)].

Xem xét những sự phân hủy này là rất có ích cho việc xác định cấu trúc cũng như đặc tính của một chất cụ thể trong hỗn hợp, việc xem xét này cần đến kỹ thuật khối phổ tiếp nối. Có nhiều kỹ thuật như vậy có thể áp dụng, tùy theo sự phân hủy xảy ra ở vùng nào:

- kiểu ion con (xác định các ion phân hủy của ion mẹ): B/E = hằng số, gọi là MIKES (Mass-analysed Ion Kinetic Energy Spectroscopy - Phổ động năng ion phân tích khối);
- kiểu ion mẹ (xác định tất cả các ion mà khi phân hủy cho một ion có tỷ số m/z xác định): B²/E = hằng số;
- kiểu mất mảnh trung hòa (kiểu mảnh mất, neutral-loss mode, phát hiện tất cả các ion cùng mất một mảnh): B/E(1-E/E₀)^{1/2} = hằng số, trong đó E₀ là điện áp nền của ngăn điện.

Bộ phân tích tứ cực

Bộ phân tích này gồm có bốn thanh kim loại song song hình trụ hay có tiết diện hình hyperbol. Chúng được đặt đối xứng hai bên đường đi của các ion; các cặp đối diện với nhau qua trục đối xứng của các thanh điện cực thì được nối điện với nhau. Điện thế của hai cặp thanh điện cực là đối nhau. Điện thế này là tổ hợp của một thành phần một chiều và một thành phần xoay chiều.

Các ion hình thành trong nguồn ion được truyền đi và tách bằng cách thay đổi thế đặt trên các điện cực sao cho tỷ số giữa thế một chiều và thế xoay chiều là hằng số. Bộ tứ cực thường có dải khối từ 1 a.m.u. đến 2000 a.m.u., một số có thể tới 4000 a.m.u.. Mặc dù các bộ tứ cực có độ phân giải thấp hơn các bộ phân tích từ, nhưng chúng cho ta hình ảnh đơn đồng vị của các ion một điện tích trên toàn dải phổ. Có loại dùng bộ phân tích gồm ba tứ cực xếp nối tiếp nhau Q₁,

Q₂, Q₃ (gọi là bộ ba tứ cực hay tứ cực chập ba) để ghi phổ. Tứ cực Q₂ là ngăn để cho các ion va chạm, tạo ra các ion mảnh nhỏ hơn, như vậy thực ra Q₂ không có vai trò phân tích; khí dùng cho va chạm thường là khí argon.

Các kiểu quét thông dụng nhất là:

- kiểu ion con: Q₁ tách lấy ion có m/z, ion này được đưa vào Q₂ và được phân mảnh do va chạm, các mảnh tạo thành được phân tích trong Q₃;
- kiểu ion mẹ: Q₁ quét một dải khối xác định, Q₃ chỉ lọc lấy một ion có m/z nhất định. Như vậy chỉ những ion nào phân hủy sinh ra mảnh ion chọn bởi Q₃ là được phát hiện;
- kiểu mảnh mất: Q₁ và Q₃ quét một dải khối nào đó trong khoảng tương ứng với các ion mất một mảnh đặc trưng cho một chất hay một nhóm chất.

Cũng có thể ghi phổ khối dùng phối hợp bộ tứ cực với bộ phân tích từ hay tĩnh điện; đó là các máy khối phổ lai.

Bộ phân tích bẫy ion

Bộ phân tích này về nguyên tắc cũng giống như bộ tứ cực, nhưng sử dụng điện trường ba chiều. Bộ phân tích kiểu này cho phép thu được phổ các ion hình thành qua nhiều thế hệ (MSⁿ) hay gọi là phổ MS nhiều lần.

Bộ phân tích cộng hưởng cyclotron ion

Ở đây, các ion hình thành trong một ngăn và được đưa vào một từ trường đều, mạnh, chuyển động trên quỹ đạo tròn với tần số có thể tỷ lệ thuận với tỷ số m/z của chúng nhờ áp dụng thuật toán chuyển hóa Fourier.

Hiện tượng này được gọi là cộng hưởng cyclotron ion. Các bộ phân tích kiểu này gồm có những nam châm siêu dẫn và có độ phân giải cao (tới 1.000.000 và hơn nữa) cũng như cho ta phổ MSⁿ, nhưng đòi hỏi phải có chân không cao tức là áp suất rất thấp (cỡ 10⁻⁷ Pa).

Bộ phân tích thời gian bay

Ở đây, các ion hình thành trong nguồn ion được gia tốc ở điện áp 10 kV đến 20 kV. Chúng đi qua một bộ phân tích gồm ống vô trường thường được gọi là ống bay, dài khoảng 25 cm đến 1,5 m. Thời gian t cần cho một ion đi đến detector tỷ lệ thuận với căn bậc hai của tỷ số m/z. Về lý thuyết, dải khối của bộ phân tích này là vô hạn; nhưng trên thực tế nó bị hạn chế bởi sự ion hóa hay phương pháp khử hấp. Bộ phân tích thời gian bay chủ yếu dùng cho các chất có khối lượng phân tử cao (đến vài trăm ngàn dalton). Kỹ thuật này rất nhạy (đến vài picomol). Độ chính xác của phép đo và độ phân giải có thể được cải thiện nếu dùng gương tĩnh điện (reflectron).

Thu nhận tín hiệu

Chủ yếu có ba kiểu thu tín hiệu.

Kiểu toàn phổ

Toàn bộ tín hiệu thu được trên một dải khối được ghi lại. Phổ trình bày sự phụ thuộc của cường độ tương đối của các ion khác nhau vào tỷ số m/z của các ion đó. Kết quả thu được chủ yếu có ý nghĩa định tính. Việc sử dụng thư viện phổ đối chiếu cho phép ta định tính nhanh chóng.

Kiểu đo mảnh (theo dõi ion chọn lọc)

Tín hiệu thu được là của một ion (theo dõi một ion, SIM) hay nhiều ion (theo dõi nhiều ion, MIM) đặc trưng cho chất được phân tích. Giới hạn phát hiện có thể được thu nhỏ đáng kể trong kiểu thu tín hiệu này. Có thể tiến hành các phép thử định lượng hay bán định lượng nhờ dùng các chất chuẩn ngoại hay chuẩn nội (ví dụ, dùng chuẩn deuteri hóa). Không thể tiến hành các phép thử này với các bộ phân tích thời gian bay.

Kiểu đo mảnh phổ khối hai lần (theo dõi nhiều phản ứng, MRM)

Kiểu đo này cho phép theo dõi chọn lọc sự phân hủy đơn phân tử hay đôi phân tử của một tiền ion đã chọn, đặc trưng cho chất phân tích. Độ chọn lọc và tính đặc hiệu của kiểu thu tín hiệu này cho phép đạt đến độ nhạy rất cao, làm cho kiểu đo này trở thành một phép đo thích hợp nhất trong các nghiên cứu định lượng nếu dùng chất chuẩn nội thích hợp (như chuẩn deuteri hóa). Kiểu phân tích này có thể thực hiện trên máy có ba tứ cực ghép nối tiếp, các bộ phân tích bẫy ion hay cộng hưởng cyclotron.

Hiệu chuẩn

Việc hiệu chuẩn cho phép ta gán một giá trị m/z tương ứng với một tín hiệu thu được. Trên nguyên tắc, việc hiệu chuẩn được thực hiện nhờ sử dụng một chất đối chiếu. Nếu dùng chuẩn ngoại, phổ chất đối chiếu được ghi riêng; nếu dùng chuẩn nội thì chất đối chiếu được trộn với chất đem thử. Số ion hay số điểm chuẩn cần thiết (để việc hiệu chuẩn đáng tin cậy) phụ thuộc vào kiểu bộ phân tích và độ chính xác mong muốn, ví dụ như khi dùng bộ phân tích từ thì càng làm nhiều điểm càng tốt vì ở đây tỷ số m/z biến đổi theo hàm số mũ với giá trị từ trường.

Phát hiện tín hiệu và xử lý dữ liệu

Các ion sau khi được tách trong bộ phân tích, được chuyển thành tín hiệu điện trong một hệ thống phát hiện như một nhân quang hay một nhân electron. Các tín hiệu được khuếch đại trước khi được chuyển lại thành tín hiệu số để xử lý dữ liệu cho phép hiệu chuẩn, dựng thành phổ, tự động định lượng, lưu trữ, đưa vào thư viện phổ hay sử dụng thư viện phổ. Máy tính được dùng để kiểm soát các thông số vật lý điều hành hoạt động của cả hệ thống máy.

4.6 PHỔ KHỐI - PLASMA CẢM ỨNG (ICP-MS)

Phổ khối-plasma kết hợp cảm ứng, gọi tắt là Phổ khối-plasma cảm ứng (ICP-MS) là một phương pháp phổ khối với nguồn ion hóa là plasma kết hợp cảm ứng (inductively-coupled plasma-ICP).

Nguyên lý cơ bản của sự hình thành ICP được mô tả dưới đây:

Plasma cảm ứng ICP là một nguồn khí trơ (thường là khí argon) được ion hóa cao độ, có số ion và số electron bằng nhau và được duy trì bằng một trường điện từ tần số

radio (RF). Khi mẫu thử tiếp xúc với ICP, nhiệt độ cao của plasma sẽ khử dung môi, hóa hơi, kích thích và ion hóa các nguyên tử trong mẫu. Giới hạn phát hiện của phương pháp ICP-MS đạt tới cỡ ng/L. Plasma được hình thành khi một dòng khí mang chạy qua “ngọn đèn” hay “torch” gồm 3 ống đồng tâm bằng thạch anh. Một cuộn dây kim loại cuốn quanh đầu trên của đèn và được nối với một nguồn phát tần số radio. Cuộn dây này được cấp một công suất thường là 700 - 1500 W, tạo nên một từ trường cảm ứng dao động ứng với tần số của nguồn tần số radio, thường là 27 MHz, 40 MHz. Plasma hình thành khi khí mang được kích thích bởi một nguồn phóng điện, sinh ra các ion và electron mảnh. Trong từ trường cảm ứng, các phân tử tích điện (ion và electron) bị ép chạy qua con đường hình vành khuyên khép kín. Do cản trở dòng chảy của chúng, quá trình sinh nhiệt xảy ra và tạo thêm ion.

Quá trình hình thành plasma xảy ra hầu như tức thời và plasma đạt được toàn bộ cường độ và kích thước. Sự dao động với tần số radio của công suất đặt trên cuộn dây tạo ra điện trường và từ trường tần số tại khu vực phía trên phần đầu của đèn. Khi tia lửa điện (được tạo ra bởi ống Tesla hay một thiết bị kích thích khác) tác động lên luồng khí mang đi qua đèn, thì một số electron bị bứt khỏi các nguyên tử khí mang. Các electron này bắt gặp từ trường cảm ứng và tăng tốc. Sự tăng năng lượng cho các electron nhờ cuộn dây điện này được gọi là sự kết hợp cảm ứng (inductive coupling). Các electron năng lượng cao này lại va đập với các nguyên tử khí mang khác làm bật ra thêm nhiều electron hơn nữa. Sự ion hóa (do va đập) của khí mang tiếp tục xảy ra theo một phản ứng dây chuyền, làm cho khí mang biến thành một thực thể plasma bao gồm các nguyên tử, các electron, và các ion khí mang. Plasma được duy trì trong phạm vi đèn và cuộn dây nhờ năng lượng có tần số radio được liên tục truyền cho plasma qua quá trình kết hợp cảm ứng. ICP được thấy như một plasma hình lông chim mạnh mẽ và sáng chói. Phần đáy của plasma có hình vòng xoắn, được gọi là vùng cảm ứng, là vùng ở đó có quá trình truyền năng lượng cảm ứng từ cuộn dây cho plasma. Mẫu thử được đưa qua vùng cảm ứng này vào trung tâm của plasma.

Trong ICP-MS, plasma sẽ ion hóa các nguyên tố có trong mẫu. Các ion này được đưa vào máy phổ khối và được tách theo tỷ số khối/điện tích (m/z). Hầu hết các máy phổ khối có một hệ tứ cực hoặc một nam châm. Các ion đi từ plasma qua bộ phận giao diện [gồm một côn lấy mẫu (sampler cone) và một côn gạt lọc (skimmer cone)] tới bộ quang học ion. Bộ quang học ion này gồm có một thấu kính tĩnh điện, thấu kính này đưa các ion từ một vùng có áp suất khí quyển sang bộ phận lọc khối có chân không được duy trì ở mức bằng 10^{-8} Pa hoặc nhỏ hơn, nhờ một bơm turbo phân tử. Sau khi được lọc, các ion có tỷ số khối/điện tích được chọn đi tới detector (là một nhân quang, một cốc Faraday hay các dynod), tại đây các dòng ion được chuyển thành tín hiệu điện. Nguyên tố được định lượng dựa trên số ion